

BAB II DASAR TEORI

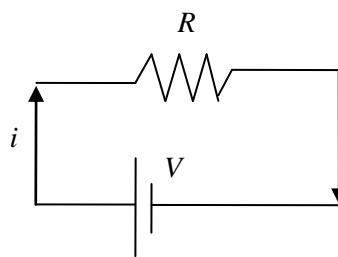
A. Prinsip Dasar Metode Resistivitas

Konsep dasar metode resistivitas adalah Hukum Ohm. Pada tahun 1826 George Simon Ohm melakukan eksperimen menentukan hubungan antara tegangan V pada penghantar dan arus I yang melalui penghantar dalam batas-batas karakteristik parameter penghantar. Parameter itu disebut resistansi R , yang didefinisikan sebagai hasil bagi tegangan V dan arus I , sehingga dituliskan

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = IR \quad (\text{Hukum Ohm}) \quad (1)$$

dengan R adalah resistansi bahan (ohm), I adalah besar kuat arus (ampere), dan V adalah besar tegangan (volt).

Hukum Ohm menyatakan bahwa potensial atau tegangan antara ujung-ujung penghantar adalah sama dengan hasil kali resistansi dan kuat arus. Hal ini diasumsikan bahwa R tidak tergantung I , bahwa R adalah konstan (tetap). Hubungan resistansi, kuat arus, dan tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan Resistansi, Arus dan Tegangan

Arus listrik I pada sebuah penghantar didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik positif (dq) yang melewati penampang penghantar itu dalam arah tegak lurus per satuan waktu (dt), sehingga dapat ditulis:

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

Ditinjau sebuah kawat dengan panjang ℓ terhubung potensial di setiap ujung-ujungnya sebesar $V_1(+)$ dan $V_2(-)$ sehingga memberikan beda potensial ΔV , maka terdapat aliran muatan positif (I) yang bergerak dari potensial tinggi $V_1(+)$ ke potensial rendah $V_2(-)$. Adanya beda potensial di antara kedua ujung kawat menyebabkan adanya kuat medan listrik E . Kuat medan listrik E pada penghantar sebanding dengan beda potensial ΔV dan berbanding terbalik dengan panjang kawat penghantar ℓ .

$$E = \frac{\Delta V}{\ell} = \frac{V_1 - V_2}{\ell} \quad (3)$$

Semakin besar ΔV dan luas penghantar A , maka semakin banyak muatan yang berpindah dan kelajuan perpindahan muatan pun semakin besar. Ini berarti arus listrik menjadi:

$$I \approx AE = A \frac{\Delta V}{\ell} \quad (4)$$

Besaran rapat arus listrik (J) merupakan besaran vektor arus listrik per satuan luas penghantar lintang kotak, yaitu

$$J = \frac{I}{A} \quad (5)$$

dengan J merupakan rapat arus (ampere/m²), I adalah kuat arus listrik (ampere) dan A adalah luas penampang penghantar (m²). Apabila pada medium homogen isotropis dialiri arus searah (I) dengan kuat medan listrik E (volt/meter), maka elemen arus (dI) yang melalui suatu elemen luas (dA) dengan rapat arus (\bar{J}) akan berlaku hubungan:

$$J = \frac{dI}{dA} = \frac{\Delta V}{\rho \ell} \quad (6)$$

Merujuk pada persamaan 3, persamaan 6 rapat arus menjadi:

$$J = \frac{E}{\rho} = \sigma E \quad (7)$$

dengan σ adalah konduktivitas penghantar dan ρ adalah resistivitas penghantar.

Kuat medan listrik adalah gradien dari potensial skalar,

$$E = -\nabla V \quad (8)$$

Merujuk pada persamaan 8, maka persamaan 7 dapat ditulis sebagai:

$$J = -\sigma \nabla V \quad (9)$$

Kuat arus listrik pada penampang juga bergantung pada jenis penghantar yang dinyatakan oleh resistivitas penghantar (ρ) yang dinyatakan dalam ohmmeter (Ωm) atau besaran konduktivitas σ yang memenuhi hubungan $\sigma = \frac{1}{\rho}$ yang dinyatakan dalam $(\text{ohmmeter})^{-1}$. Hubungan antara besar arus listrik dan resistivitas penghantar dapat ditulis sebagai berikut:

$$I = \sigma A \frac{\Delta V}{l} \text{ atau } I = \frac{A}{\rho l} \Delta V \quad (10)$$

Persamaan 10 memberi makna bahwa nilai tahanan dari penghantar adalah:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (11)$$

dengan R adalah resistansi (ohm), ρ adalah resistivitas penghantar (ohmmeter), l adalah panjang penghantar (meter) dan A adalah luas penampang penghantar (m^2) (Jati, 2010). Resistivitas ρ dan konduktivitas σ adalah besaran-besaran yang menjelaskan mengenai baik atau buruknya bahan-bahan atau material-material dalam menghantar listrik (Suyoso, 2003).

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad (12)$$

B. Sifat Kelistrikan Batuan

Batuan tersusun dari berbagai mineral dan mempunyai sifat kelistrikan. Beberapa batuan tersusun dari satu jenis mineral saja, sebagian kecil lagi dibentuk oleh gabungan mineral, dan bahan organik serta bahan-bahan vulkanik.

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan dalam menghantarkan arus listrik. Batuan dapat dianggap sebagai medium listrik seperti pada kawat penghantar listrik, sehingga mempunyai tahanan jenis (resistivitas). Resistivitas batuan adalah hambatan dari batuan terhadap aliran listrik. Resistivitas batuan dipengaruhi oleh porositas, kadar air, dan mineral. Menurut Telford (1982) aliran arus listrik di dalam batuan dan mineral dapat digolongkan menjadi tiga macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik, dan konduksi secara dielektrik.

1. Konduksi Secara Elektronik (Ohmik)

Konduksi ini terjadi jika batuan atau mineral mempunyai banyak elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan dalam batuan atau mineral oleh elektron-elektron bebas tersebut.

2. Konduksi Secara Elektrolitik

Sebagian besar batuan merupakan penghantar yang buruk dan memiliki resistivitas yang sangat tinggi. Batuan biasanya bersifat porus dan memiliki pori-pori yang terisi oleh fluida, terutama air. Batuan-batuan tersebut menjadi penghantar elektrolitik, di mana konduksi arus listrik dibawa oleh ion-ion elektrolitik dalam air. Konduktivitas dan resistivitas batuan porus bergantung pada volume dan susunan pori-porinya. Konduktivitas akan semakin besar jika

kandungan air dalam batuan bertambah banyak, dan sebaliknya resistivitas akan semakin besar jika kandungan air dalam batuan berkurang.

3. Konduksi Secara Dielektrik

Konduksi pada batuan atau mineral bersifat dielektrik terhadap aliran listrik, artinya batuan atau mineral tersebut mempunyai elektron bebas sedikit, bahkan tidak ada sama sekali, tetapi karena adanya pengaruh medan listrik dari luar maka elektron dalam bahan berpindah dan berkumpul terpisah dari inti, sehingga terjadi polarisasi.

Tabel 2. Nilai Resistivitas Batuan (Telford, 1990)

Material	Resistivitas (Ωm)
Udara (<i>Air</i>)	~
Pirit (<i>Pyrite</i>)	0.01-100
Kwarsa (<i>Quartz</i>)	500-800000
Kalsit (<i>Calcite</i>)	1×10^{12} - 1×10^{13}
Garam Batu (<i>Rock salt</i>)	30 - 1×10^{13}
Granit (<i>Granite</i>)	200-10000
Andesit (<i>Andesite</i>)	1.7×10^2 - 45×10^4
Basal (<i>Basalt</i>)	200-10.0000
Gamping (<i>Limestone</i>)	500-10000
Batu pasir (<i>Sandstone</i>)	200-8000
Batu tulis (<i>Shales</i>)	20-2000
Pasir (<i>Sand</i>)	1-1000
Lempung (<i>Clay</i>)	1-100
Air tanah (<i>Ground water</i>)	0.5-300
Air asin (<i>Sea water</i>)	0.2
Magnetit (<i>Magnetite</i>)	0.01-1000
Kerikil kering (<i>Dry gravel</i>)	600-10000
Aluvium (<i>Alluvium</i>)	10-800
Kerikil (<i>Gravel</i>)	100-600

Berdasarkan nilai resistivitasnya, maka batuan ataupun mineral di alam dibedakan menjadi 3 yaitu konduktor baik, konduktor sedang, dan isolator. Konduktor baik terjadi jika nilai resistivitasnya sangat kecil, berkisar antara 10^{-8} - $1 \Omega\text{m}$, contohnya metal (logam-logam), grafit, dan sulfida. Konduktor sedang terjadi jika nilai

resistivitasnya $1-10^7 \Omega\text{m}$, contohnya beberapa oksida, *ore*, dan batuan porus yang mengandung air. Isolator terjadi jika tidak dapat mengalirkan arus listrik dan harga resistivitasnya sangat tinggi, lebih besar dari $10^7 \Omega\text{m}$. Batuan ini terdiri dari mineral silikat, fosfat, karbonat, dll. Nilai resistivitas dari batuan ditunjukkan pada Tabel 2.

C. Metode Geolistik

Penggunaan metode geolistrik pertama kali dilakukan oleh Conrad Schlumberger pada tahun 1912. Metode geolistrik adalah salah satu metode geofisika untuk menyelidiki kondisi bawah permukaan dengan mempelajari sifat aliran listrik DC pada batuan di bawah permukaan bumi dan bagaimana cara mendeteksi di permukaan bumi. Dalam survei metode geolistrik akan diperoleh nilai beda potensial, kuat arus dan nilai resistivitas batuan.

Metode ini jarang digunakan untuk eksplorasi hidrokarbon, tetapi banyak digunakan di bidang rekayasa geologi seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, eksplorasi geotermal, dan juga untuk geofisika lingkungan. Salah satu metode geolistrik adalah metode resistivitas atau tahanan jenis. Metode resistivitas ini mempelajari tentang perbedaan resistivitas batuan dengan cara menentukan perubahan resistivitas terhadap kedalaman. Nilai resistivitas batuan yang diperoleh dari pengukuran lapangan merupakan nilai resistivitas semu yang memerlukan suatu pengolahan data lebih lanjut untuk mendapatkan nilai resistivitas yang sebenarnya (Anonim, 2012).

Metode resistivitas umumnya digunakan untuk eksplorasi dangkal, sekitar 300–500 m. Prinsip dalam metode ini yaitu arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, sedangkan beda potensial yang terjadi diukur melalui dua elektroda potensial. Berdasarkan hasil pengukuran arus dan beda potensial dapat diperoleh variasi nilai resistivitas pada lapisan di bawah titik ukur.

D. Potensial pada Bumi Homogen Isotropis

Lapisan bumi yang bersifat homogen isotropis adalah pendekatan sederhana dalam penentuan resistivitas lapisan-lapisan batuan bumi, sehingga resistivitas ρ dianggap tidak bergantung pada sumbu koordinat. Arus tunggal I menyebabkan timbulnya distribusi potensial. Aliran arus yang mengalir dalam bumi homogen isotropis didasarkan pada Hukum Kekekalan Muatan yang secara matematis dapat ditulis sebagai (Syamsuddin, 2007):

$$\nabla \cdot \vec{j} = -\frac{\partial q}{\partial t} \quad (13)$$

dengan J adalah rapat arus (ampere/meter²) dan q adalah rapat muatan (coulomb/meter³). Persamaan 13 disebut juga sebagai persamaan kontinuitas. Apabila arus stasioner (tetap) maka persamaan 13 menjadi:

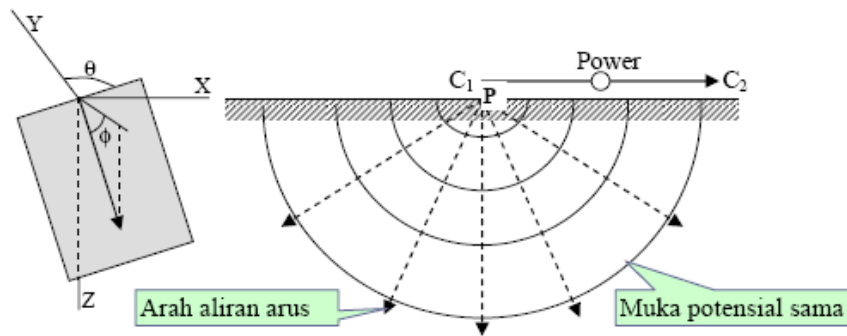
$$\nabla \cdot \vec{j} = 0 \quad (14)$$

Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya rapat arus J akan sebanding dengan besarnya medan listrik E seperti pada persamaan 7 dan 9. Merujuk dari persamaan 7, 9, dan 14 untuk medium homogen isotropis ρ konstan, maka σ juga konstan atau $\nabla \sigma = 0$, sehingga diperoleh persamaan Laplace sebagai berikut:

$$\nabla^2 V = 0 \quad (15)$$

Persamaan 15 ini termasuk persamaan dasar dalam teori penyelidikan geolistrik resistivitas sehingga distribusi potensial listrik untuk arus listrik searah dalam medium homogen isotropis memenuhi persamaan Laplace.

E. Potensial Elektroda Arus Tunggal Pada Permukaan Homogen Isotropis



Gambar 4. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis (Loke, 2004)

Model bumi yang berbentuk setengah bola homogen isotropis memiliki konduktivitas udara sama dengan nol. Dengan demikian, arus I yang dialirkan melalui sebuah elektroda pada titik P di permukaan akan tersebar ke semua arah dengan besar yang sama (Gambar 4). Potensial pada suatu jarak r dari titik P hanya merupakan fungsi r saja. Persamaan Laplace yang berhubungan dengan kondisi ini dalam koordinat bola adalah (Syamsuddin, 2007):

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial V}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 V}{\partial \phi^2} = 0 \quad (16)$$

Mengingat arus yang mengalir simetris terhadap arah θ dan ϕ pada arus tunggal, maka persamaan di atas menjadi:

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0 \quad (17)$$

sehingga $\left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = B$ (tetapan). (18)

Dari persamaan 18 diperoleh:

$$V = -\frac{B}{r} + C \quad (19)$$

Dari persamaan 10, arus total yang melewati permukaan bola adalah:

$$I = -\sigma \frac{\partial V}{\partial r} A \quad (20)$$

Jika luas bola $A = 4\pi r^2$, maka persamaan 20 menjadi

$$I = -4\pi r^2 \sigma \frac{\partial V}{\partial r} \quad (21)$$

Merujuk pada persamaan 18 kuat arus listrik pada permukaan bola adalah:

$$I = -4\pi \sigma B \quad (22)$$

Kuat arus listrik yang melewati permukaan setengah bola (bawah permukaan merupakan luasan setengah bola) adalah :

$$I = -2\pi \sigma B \quad (23)$$

Dengan demikian nilai tetapan B menjadi

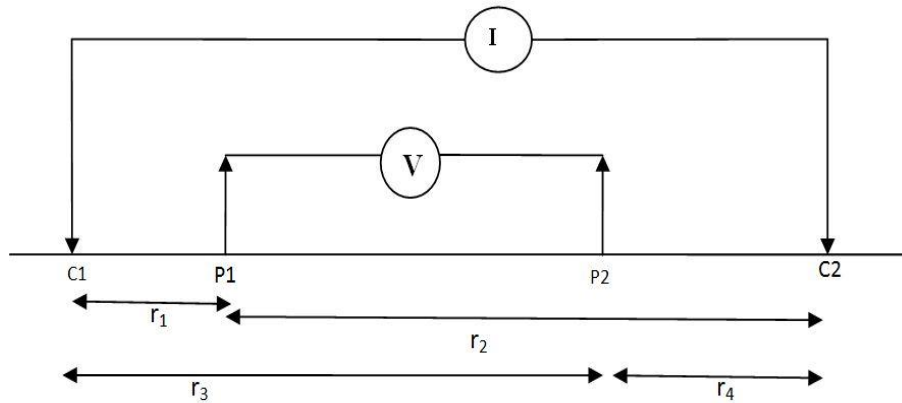
$$B = -\frac{I}{2\pi \sigma} = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (24)$$

Merujuk pada persamaan 21 potensial di setiap titik yang berhubungan dengan sumber arus pada permukaan bumi yang homogen isotropis adalah:

$$V = \frac{1}{r} \frac{I\rho}{2\pi} \text{ atau } \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (25)$$

F. Potensial Dua Elektroda Arus pada Permukaan Homogen Isotropis

Pada umumnya metode resistivitas menggunakan empat buah elektroda, dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda beda potensial. Arus listrik diinjeksikan melalui elektroda arus sedangkan pengukuran tegangan yang terjadi diukur melalui elektroda beda potensial, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Skema Dua Elektroda Arus Dan Potensial Terletak di Permukaan Tanah Homogen Isotropis dengan Tahanan Jenis ρ (Anonim, 2012)

Arus pada kedua elektroda (C_1 dan C_2) tersebut sama tetapi arahnya berlawanan, maka potensial yang terjadi pada P_1 akibat adanya C_1 adalah:

$$V_1 = -\frac{B_1}{r_1}; \text{ dengan } B_1 = -\frac{I\rho}{2\pi} \quad (26)$$

Potensial yang terjadi pada P_1 akibat adanya C_2 adalah:

$$V_2 = -\frac{B_2}{r_1}; \text{ dengan } B_2 = + \frac{I\rho}{2\pi} = -B_1 \quad (27)$$

Jika arus pada kedua elektroda tersebut sama tetapi arahnya berlawanan, maka potensial di titik P₁ adalah:

$$V_{p1} = V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (28)$$

Potensial di titik P₂ adalah:

$$V_{p2} = V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (29)$$

Dengan demikian beda potensial antara titik P₁ dan P₂ :

$$\Delta V = V_{p1} - V_{p2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (30)$$

Resistivitas yang diperoleh sangat bergantung pada cara pemasangan elektroda arus dan potensial. Dalam metode geolistrik tahanan jenis ada beberapa cara pemasangan atau konfigurasi elektroda. Konfigurasi ini bergantung pada letak elektroda arus dan potensial. Merujuk pada persamaan 30 hubungan antara beda potensial dan tahanan jenis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \frac{\Delta V}{I} \quad (31)$$

atau

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I}, \text{ dengan } k = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]} \quad (32)$$

Besaran ρ adalah nilai resistivitas (Ohmmeter), k adalah faktor geometri tergantung konfigurasi yang digunakan, besar r_I menunjukkan jarak C₁P₁ (jarak

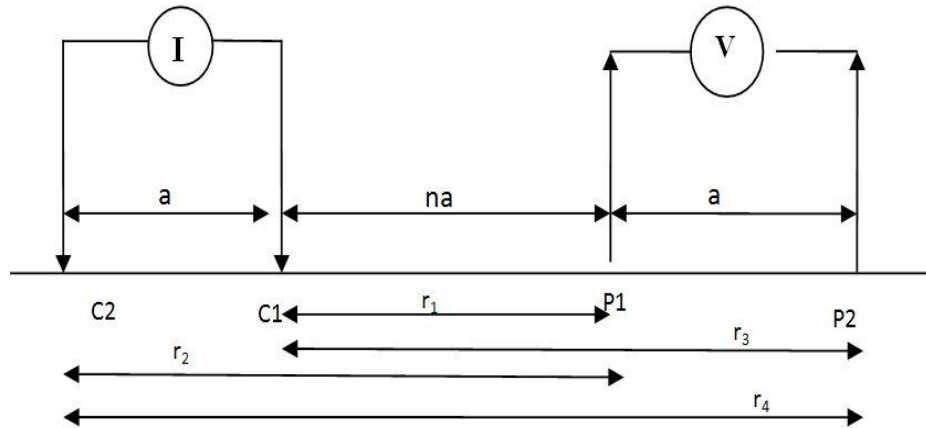
elektroda arus C_1 ke elektroda potensial P_1) dalam satuan meter, r_2 adalah jarak C_2P_1 (jarak elektroda arus C_2 ke elektroda potensial P_1) dalam satuan meter, r_3 adalah jarak C_1P_2 (jarak elektroda arus C_1 ke elektroda potensial P_2) dalam satuan meter, dan r_4 adalah jarak C_2P_2 (jarak elektroda arus C_2 ke elektroda potensial P_2) dalam satuan meter. Nilai resistivitas pada persamaan 32 merupakan nilai resistivitas semu yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan. Nilai resistivitas sebenarnya dapat diperoleh dengan melakukan suatu proses perhitungan.

Proses perhitungan bisa dilakukan secara manual maupun secara komputerisasi. Perhitungan manual dilakukan dengan bantuan beberapa jenis kurva yang dikenal dengan kurva standar dan kurva bantu. Jenis kurva yang digunakan untuk perhitungan manual adalah kurva *matching*. Sedangkan perhitungan secara komputerisasi membutuhkan perangkat lunak, yang biasa digunakan adalah *IPIwin* dan *Res2DInv*.

G. Konfigurasi *Dipole-dipole*

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, salah satunya adalah konfigurasi *dipole-dipole*. Konfigurasi *dipole-dipole* sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang seperti terlihat pada Gambar 6. Pada prinsipnya konfigurasi *dipole-dipole* menggunakan 4 buah elektroda, yaitu pasangan elektroda arus yang disebut *current dipole* C_1C_2 dan pasangan elektroda potensial yang disebut *potential dipole* P_1P_2 . Pada

konfigurasi *dipole-dipole*, elektroda arus dan elektroda potensial bisa terletak tidak segaris dan tidak simetris.



Gambar 6. Bagan Pemasangan Elektroda Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Anonim, 2012)

Untuk menambah kedalaman penetrasi maka jarak *current dipole* dan *potential dipole* diperpanjang, sedangkan jarak elektroda arus dan elektroda potensial dibuat tetap. Hal ini merupakan keunggulan konfigurasi *dipole-dipole* dibandingkan dengan konfigurasi Wenner atau Schlumberger, karena tanpa memperpanjang kabel bisa mendeteksi batuan yang lebih dalam. Konfigurasi *dipole-dipole* lebih banyak digunakan dalam eksplorasi mineral-mineral sulfida dan bahan-bahan tambang dengan kedalaman yang relatif dangkal. Hasil akhir *dipole-dipole* berupa penampang, baik secara horizontal maupun vertikal (Saputro, 2010).

Untuk tiap konfigurasi dalam metode resistivitas memiliki faktor geometri dan tiap konfigurasi memiliki faktor geometri yang berbeda. Merujuk pada persamaan 32, faktor geometri konfigurasi *dipole-dipole* adalah:

$$k = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (33)$$

atau

$$k_d = \pi a n (n + 2)(n + 1) \quad (34)$$

dengan nilai a adalah besar spasi antar elektroda dan n adalah bilangan pengali.

H. Geologi Daerah Penelitian

Kabupaten Bantul sendiri merupakan wilayah yang berada pada dominasi struktur geologi *Young Merapi Volcanic (Quaternary)* pada bagian tengah dan *Volcanic (Miocene dan oligo-micine)* pada bagian timur. Wilayah yang berada pada apitan bukit patahan ini disebut dengan *graben*, maka wilayah Kabupaten Bantul dalam toponim geologi dan geomorfologi disebut dengan *Graben Bantul*. *Graben* ini terbentuk dari proses diatrofisme tektonisme yang dipengaruhi oleh aktivitas Gunung Merapi dan gunung api tua.

Daerah yang berada pada apitan bukit patahan (*graben*) bukan berarti aman, akan tetapi justru membahayakan. Patahan merupakan hasil proses diatrofisme tektonisme dan memiliki energi yang besar di bawahnya sehingga boleh dikatakan wilayah yang berada di patahan seperti halnya Kabupaten Bantul, rentan terjadi gempa bumi. Pusat-pusat energi gempa (*hiposentrum*) yang ada di Kabupaten Bantul ini dipengaruhi penunjaman lempeng kerak Samudra Hindia dengan lempeng Benua Asia. *Hiposentrum* tersebut berada di hampir seluruh wilayah Kabupaten Bantul sehingga rawan terjadi gempa bumi.

Pada tahun 1977, Rahardjo dkk., memetakan daerah Klaten dan Yogyakarta termasuk Zona Pegunungan Selatan. Stratigrafi urutan satuan batuan dari tua ke muda daerah penelitian menurut Surono dkk. (1992) diuraikan sebagai berikut:

1. Formasi Wungkal – Gamping

Lokasi tipe formasi ini terletak di Gunung Gamping dan Gunung Wungkal, keduanya di Perbukitan Jiwo. Satuan batuan tersier tertua di daerah Pegunungan Selatan ini pada bagian bawah terdiri dari perselingan antara batu pasir, batu lanau serta lensa batu gamping. Pada bagian atas, satuan batuan ini berupa napal pasiran dan lensa batu gamping.

2. Formasi Kebo-Butak

Lokasi tipe formasi ini terletak di Gunung Kebo dan Gunung Butak yang terletak di lereng dan kaki utara gawir Batur Agung. Litologi penyusun formasi ini di bagian bawah berupa batu pasir, batu lanau, batu lempung, serpih, tufa dan aglomerat. Bagian atasnya berupa perselingan batu pasir dan batu lempung dengan sisipan tipis tufa asam. Pada bagian tengah ditemukan retas lempeng andesit-basal dan di bagian atasnya ditemukan breksi andesit.

3. Formasi Semilir

Satuan batuan ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Butak, tersingkap baik di Gunung Semilir dekat Pegunungan Batur Agung dan Desa Semilir di utara Gunung Blencong. Terdiri dari batu pasir tufa, tufa lapili, batu pasir, tufa, breksi polimik, batu lempung, batu lanau, dan serpih. Perlapisan berulang-ulang dan perselang-selingan sangat khas pada formasi ini. Formasi ini

diendapkan dengan mekanisme arus turbidit di lingkungan laut dalam. Berumur Miosen Awal, dalam Formasi Semilir terdapat lensa-lensa breksi andesit dari Formasi Nglanggran. Dari data stratigrafi hubungan keduanya beda fasies bersilang jari, terutama pada bagian atas Formasi Semilir dan bagian bawah Formasi Nglanggran.

4. Formasi Nglanggran

Tersingkap baik di dusun Nglanggran dan Gunung Blencong. Terdiri dari breksi vulkanik dan batu pasir tufa (kasar-sedang). Di dalam breksi tersebut sering dijumpai fragmen-fragmen batu gamping, tetapi yang paling dominan adalah fragmen andesit. Terdapat pula sisipan berupa lava andesit dan tufa. Formasi ini diendapkan dengan sistem sedimen *gravity flow* di lingkungan laut dalam. Formasi ini berumur Miosen Awal-Miosen Tengah bagian bawah.

I. Klasifikasi Batuan

Kabupaten Bantul secara umum terdiri dari tiga jenis batuan yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan endapan. Berdasarkan sifat-sifat dari 3 jenis batuan tersebut dapat diperinci dalam formasi. Formasi adalah suatu susunan batuan yang mempunyai keseragaman ciri-ciri geologi yang nyata, baik terdiri dari satu jenis macam batuan, maupun perulangan dari dua jenis batuan atau lebih yang terletak di permukaan bumi. Berikut ini penjelasan dari jenis-jenis batuan yang ada dalam formasi batuan di daerah Bantul.

Berdasarkan letak kejadian dan tekstur, batuan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu batuan beku (intrusif dan ekstrusif), batuan sedimen (klastik, organik, dan kimia), dan batuan metamorf (Nandi, 2010).

1. Batuan Beku (*Igneous Rocks*)

Batuan beku terbentuk sebagai akibat pembekuan magma pada permukaan bumi. Berdasarkan letak kejadiannya, batuan beku dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Batuan Beku Intrusif

Batuan beku ini terbagi menjadi:

- 1) Batuan beku dalam (plutonik), terjadi sebagai akibat pembekuan magma yang jauh di dalam bumi. Contoh: granit, *granodiorit*, diorit, *sianit*, dan gabro.
- 2) Batuan beku porfir, terbentuk di sekitar pipa magma atau kawah. Contoh: granit *porfir*, *riolit porfir*, *granodiorit porfir*, *dasit porfir*, diorit *porfir*, dan andesit *porfir*.
- 3) Batuan beku afanitik, tekstur kristal halus. Contoh: andesit, *dasit*, basal, *latit*, *riolit*, dan *trakit*.

b. Batuan Beku Ekstrusif

Terbentuk sebagai akibat magma atau lava yang mengalir ke permukaan bumi kemudian mendingin dan membeku dengan cepat, dicirikan dengan komposisi kristal yang sangat halus. Contoh: obsidian, batu apung, *pitchstone*, lava, perlit, *felsit*, dan basal.

2. Batuan Sedimen (*Sediment Rocks*)

Batuan sedimen (endapan) terbentuk sebagai akibat pengendapan material yang berasal dari pecahan, bongkah batuan yang hancur karena proses alam, kemudian terangkut oleh air, angin, es, dan terakumulasi dalam satu tempat (cekungan), kemudian termampatkan menjadi satu lapisan batuan baru. Batuan sedimen mempunyai ciri berlapis sebagai akibat terjadinya perulangan pengendapan. Batuan sedimen dapat dibagi menjadi batuan sedimen klastik, batuan sedimen organik, dan batuan sedimen kimia.

a. Batuan Sedimen Klastik

Terbentuk sebagai akibat kompaksi (pemadatan) dari material batuan beku, batuan sedimen lain, dan batuan malihan, dengan ukuran butir beragam. Karena pembentukan tersebut diakibatkan oleh angin, air, atau es, maka disebut juga batuan sedimen mekanik. Contoh: batu gamping, batu pasir, batu lempung, breksi, konglomerat, *tilit*, batu lanau, *arkosa* (batu pasir felspar), *arenaceous* (serpih pasir), *argillaceous* (serpih lempungan), dan *carbonaceous* (serpih gampingan).

b. Batuan Sedimen Organik

Batuan sedimen yang mengandung sisa organisme yang terawetkan (fosil). Contoh: batu gamping gastropoda, batu gamping kerang, batu gamping amonit, batu gamping koral (terumbu), batu gamping foram, batu gamping alga, batu bara, dan *radiolarit* (mengandung fosil radiolaria).

c. Batuan Sedimen Kimia

Batuan sedimen kimiawi yaitu yang tersangkut dalam bentuk larutan kemudian diendapkan secara kimia di tempat lain. Contoh: batu gamping kristalin, *travertin*, tufa (stalaktit dan stalagmit), dolomit, gypsum, *anhidrit* dan *halit* (batu garam).

3. Batuan Metamorf (*Metamorphic Rocks*)

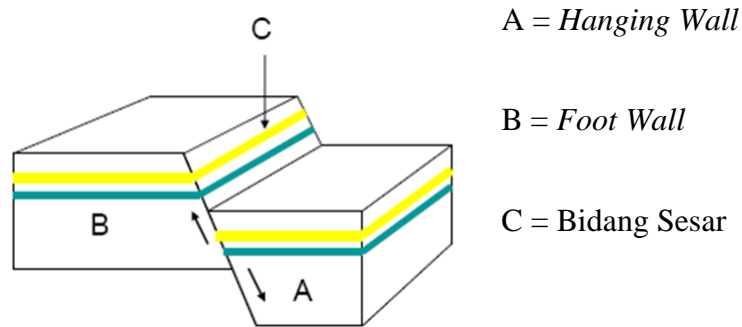
Batuan metamorf atau malihan berasal dari batuan beku atau sedimen yang termalihkan di dalam bumi sebagai akibat tekanan dan temperatur yang sangat tinggi yang mengakibatkan perubahan sifat fisik dan kimia dari batuan asal. Contoh: marmer malihan dari batu gamping, kuarsit malihan dari batu pasir kuarsa, dan gneis malihan dari granit.

J. Sesar Opak

Sesar adalah suatu rekahan pada batuan yang terbentuk ketika salah satu bagian yang retak bergeser relatif terhadap bagian yang lain. Sesar terjadi karena batuan mengalami efek tegangan yang melampaui kekuatan elastisitasnya. Pergeseran blok batuan yang retak tersebut dapat terjadi dalam ukuran jarak yang sangat kecil sampai dengan skala yang lebih besar atau disebut dengan daerah sesar skala regional.

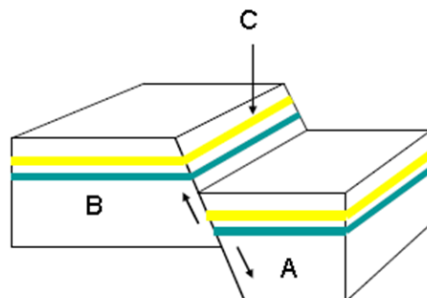
Setiap sesar mempunyai komponen-komponen berupa dua buah blok batuan yang tersesarkan, *strike* dan sudut kemiringan (*dip*). Komponen sesar yang menggantung pada bidang sesar disebut *hanging wall*, sedangkan komponen alas bidang sesar disebut *foot wall*. *Strike* merupakan jurus bidang sesar yang diukur

dari arah utara ke timur dengan sudut antara 0° sampai 360° . *Dip* sesar merupakan sudut yang dibentuk oleh bidang terhadap bidang horizontal dengan sudut antara 0° sampai 90° . Gambar 7 menjelaskan komponen-komponen dari sesar.



Gambar 7. Komponen-Komponen Sesar (Rakhman, 2010)

Sesar Opak merupakan sesar normal. Sesar normal disebut juga sesar turun disebabkan oleh *tensional stress* yang seolah-olah menarik atau memisahkan bidang, seperti juga halnya kalau bidang mengalami gaya dari bawah. Umumnya dua atau lebih sesar normal dengan jurus sejajar dan kemiringan berlawanan membentuk segmen naik atau turun pada bidang. Blok yang turun dinamakan *graben* dan blok yang naik dinamakan *horst*. Sesar normal didefinisikan sebagai sesar yang *hanging wall*-nya relatif turun terhadap *foot wall*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sesar Normal (Rakhman, 2010)